

# PUSAT PENELITIAN KONSERVASI SUMBER DAYA ALAM DI CAGAR ALAM TANGKOKO “PENDEKATAN ARSITEKTUR ORGANIK”

Rendi Ciputra Polii<sup>1</sup>  
Cynthia E.V. Wuisang<sup>2</sup>  
Michael M. Rengkung<sup>3</sup>

## ABSTRAK

Provinsi Sulawesi Utara memiliki beberapa kawasan konservasi salah satunya adalah Cagar Alam Tangkoko yang dimana terdapat flora dan fauna dengan keunikannya. Hal ini mengundang banyak peneliti dari lokal maupun mancanegara untuk datang meneliti dan melihat keanekaragaman flora dan fauna yang ada di Cagar Alam Tangkoko.

Pusat Penelitian Konservasi adalah suatu wadah atau tempat kegiatan-kegiatan untuk meneliti, menemukan, mengembangkan suatu disiplin ilmu, pengamatan secara sistematis terhadap tumbuhan, satwa beserta ekosistemnya. Dan dalam hal ini sebagai jembatan dalam merancang objek arsitektural ini “Pendekatan Arsitektur Organik” dijadikan tema perancangan, dimana fungsi dari objek yang berkaitan dengan konservasi alam. Maka diharapkan dapat menjadi suatu bangunan yang menyatu dengan alam, sehingga terjadi keharmonisan antara manusia, bangunan dan lingkungan sekitar.

Kata Kunci : Cagar Alam Tangkoko, Pusat Penelitian Konservasi, Organik, Arsitektur

## I. PENDAHULUAN

Pemanfaatan sumber daya alam hayati yang menjaga ekosistemnya dapat dilakukan secara non konsumtif yaitu dengan melakukan penelitian-penelitian tentang ragam hayati, pendidikan dan widyawisata, hal ini dilakukan agar optimalisasi pemanfaatan sumber daya alam berjalan efektif sehingga bisa dimanfaatkan dimasa mendatang.

Sulawesi merupakan pulau terbesar dalam subregion biogeografi Wallacea, yang merupakan zona transisi antara tumbuhan dan satwa Asia-Australia yang memiliki karakteristik tersendiri dibandingkan pulau yang lain di Indonesia. Khususnya Provinsi Sulawesi Utara memiliki beberapa kawasan konservasi salah satunya adalah Cagar Alam Tangkoko yang dimana terdapat flora dan fauna dengan keunikannya. Meskipun Cagar Alam Tangkoko flora dan fauna yang khas dari daerah lain, namun sarana-sarana yang disediakan pemerintah untuk menunjang penelitian dalam mengembangkan ilmu pengetahuan masih sangat kurang memadai.

## II. METODE PERANCANGAN

Pendekatan perancangan yang dipilih adalah meliputi 3 aspek utama yaitu :

- Pendekatan Tematik  
Tema yang di ambil adalah “*Arsitektur Organik*.”, dimana tema ini mengutamakan unsur alami, tenang, bersih dan nyaman dalam objek rancangan arsitektur dimana menjadi suatu bangunan yang menghargai alam dan lingkungan sekitar, agar terjadi keselarasan antara bangunan, manusia, satwa dan lingkungan yang ada didalam objek.
- Pendekatan Tipologi Objek  
Perancangan dengan pendekatan tipologis dibedakan atas dua tahap kegiatan yaitu pengidentifikasian tipe/tipologi dan tahap pengolahan tipe.
- Pendekatan Analisis Tapak dan Lingkungan  
Dalam pendekatan ini perlu dilakukan analisis tapak eksisting yang akan digunakan beserta lingkungan sekitar.

---

<sup>1</sup> Mahasiswa PS S1 Arsitektur Unsrat

<sup>2</sup> Staf Dosen Pengajar Arsitektur Unsrat

<sup>3</sup> Staf Dosen Pengajar Arsitektur Unsrat

### **III. KAJIAN OBJEK PERANCANGAN**

#### **1. Pengertian Objek**

Pengertian Pusat Penelitian Konservasi Sumber Daya Alam adalah suatu wadah/tempat kegiatan-kegiatan untuk meneliti, menemukan, mengembangkan suatu ilmu, pengamatan secara sistematis terhadap tumbuhan, satwa beserta ekosistemnya.

Fungsi objek adalah sebagai berikut :

- Memberikan pelayanan kepada institusi penelitian atau para ilmuwan baik mengenai data ataupun literatur untuk menunjang penelitian, juga memberikan tempat/wadah dalam melakukan penelitian.
- Mengadakan pengembangan riset penelitian dan observasi terhadap sumber daya alam hayati, serta melakukan monitoring dan perlindungan kawasan konservasi
- Menyediakan tempat penangkaran satwa baik satwa hasil sitaan maupun satwa yang sakit.
- Menyelenggarakan kegiatan-kegiatan edukasi tentang konservasi alam, seminar-seminar ilmiah serta sebagai wadah untuk memberikan pengetahuan tentang perlindungan sumber daya alam hayati.

#### **2. Prospek Dan Fisibilitas Objek Perancangan**

##### **a. Prospek**

Melalui pendalaman objek perancangan, maka prospek objek adalah sebagai berikut :

- Menjadikan objek perancangan ini sebagai tempat penelitian satwa maupun tumbuhan yang ada di Cagar Alam Tangkoko.
- Menjadikan objek perancangan ini sebagai pusat informasi dan ilmu pengetahuan tentang sumber daya alam.

Menjadikan objek perancangan ini sebagai tempat penangkaran sementara satwa baik itu satwa hasil sitaan maupun satwa sakit.

##### **b. Fisibilitas**

Melalui perancangan Pusat Penelitian Konservasi sumber daya alam ini, diharapkan dapat memberikan wadah yang layak sebagai tempat penelitian dan perlindungan satwa dan tumbuhan untuk memperluas ilmu pengetahuan tentang sumber daya alam hayati. Pusat Penelitian Konservasi Sumber Daya Alam ini diharapkan mampu meningkatkan kesadaran dan pengetahuan masyarakat mengenai perlindungan satwa dan tumbuhan yang terancam punah dan nilai-nilai alam. Dengan berlokasi di Cagar Alam Tangkoko, diharapkan mampu mengembangkan secara optimal pemanfaatan sumber daya alam hayati dan ekosistemnya berdasarkan prinsip kelestarian.

### **IV. LOKASI DAN TAPAK**

Pemilihan lokasi yang tepat dibutuhkan agar tujuan proyek dapat semaksimal mungkin tercapai dan proyek menjadi berhasil dan tepat guna. Untuk itu diperlukan kriteria-kriteria lokasi yang didasarkan pada kebutuhan dari proyek itu sendiri baik secara fisik maupun non fisik. Dalam hal ini kajian dibatasi untuk wilayah Kota Bitung, khususnya wilayah Kec. Ranowulu.

FAKTOR PENILAIAN		ALTERNATIF SITE 1 Desa Batu Putih Atas Kecamatan Ranowulu SKOR (A=100%) (jumlah bobot capaian x total bobot 10)	ALTERNATIF SITE 2 Desa Batu Putih Bawah Kecamatan Ranowulu SKOR (A=100%) (jumlah bobot capaian x total bobot 10)
KRITERIA	BOBOT		
LOKASI 100%			
- Berada di pusat kota	2	0	0
- Transportasi lancar	3	1	1
- Tidak masor	5	5	5
	10	6 x 10 = 60	6 x 10 = 60
AKSESIBILITAS 100%			
- Dekat jalan raya	3	3	3
- Mudah dicapai dengan kendaraan umum	4	2	2
- Mudah mencapai fasilitas umum (rumah sakit, bandara, pelabuhan, terminal)	3	3	1
	10	6 x 10 = 60	8 x 10 = 80
KETERSEDIAAN LAHAN 100%			
- Luasan Site	5	5	5
- Bentuk Site	5	4	4
	10	9 x 10 = 90	9 x 10 = 90
KEBISINGAN 100%			
- Intensitas kendaraan yang lewat sedikit	5	4	4
- Jarak jauh dari sumber kebisingan ke site	5	4	5
	10	9 x 10 = 90	8 x 10 = 80
TOTAL SKOR		310	300



Lokasi tapak yang terpilih terletak di luar Cagar Alam Tangkoko, sehingga cocok dengan prinsip pelestarian Ex-situ yang harus berada diluar habitat, dalam hal ini Kawasan Konservasi Cagar Alam Tangkoko.



Tapak yang terpilih adalah alternatif site 1 yang terletak di Desa Batu Putih Atas Kecamatan Ranowulu dengan luasan site total 41.9 Ha.

## V. STUDI KOMPARASI

Studi komparasi bertujuan untuk mendapatkan informasi, gambaran, dan data-data tentang objek arsitektural yang sama atau mirip dengan objek rancangan sehingga dapat diperoleh perbandingan mengenai sarana, fasilitas, dan lain-lain yang dapat dijadikan saran atau masukan dalam proses perancangan pusat penelitian konservasi sumber daya alam.

	Bangunan	Nature Research Center North Carolina	Pusat Penelitian Biologi Bidang Zoologi
	Gambar Bangunan		
Tipologi Histori	Lokasi	Raleigh, Carolina Utara	Cibinong
	Waktu pembangunan	Tahun 2012	Tahun 1997
	Pemilik/pengelola	Pemerintah	Pemerintah
Tipologi Geometri	Jenis Kegiatan	Pendidikan Penelitian	Pendidikan Penelitian
	Entrance	Memiliki pintu masuk utama dan jalur yang terhubung dengan jalan utama	Terdiri atas satu pintu atau gerbang masuk utama yang berada di bagian depan bangunan
	Penataan Ruang	Terdapat pemisahan melalui perbedaan lantai bagi ruang lain dan laboratorium	Terdapat pemisahan melalui perbedaan lantai bagi laboratorium, studio dan tempat penyimpanan
Tipologi Fungsi	Penataan Massa	Memakai pola Monolid	Memakai pola monolid
	Fasilitas Utama	Berbagai macam Laboratorium, pameran, ruang visual, galeri	Ruang studio, laboratorium, Perpustakaan

## VI. TEMA PERANCANGAN

### a. Asosiasi Logis Tema Dan Kasus Perancangan

Tema dapat dikatakan sebagai titik awal dalam proses perancangan, dalam hal ini tema sebagai acuan dasar dalam perancangan arsitektural, serta sebagai nilai keunikan yang mewarnai keseluruhan hasil rancangan. Tema yang digunakan dalam perancangan Pusat Penelitian Konservasi Sumber Daya Alam di Cagar Alam Tangkoko ini adalah Arsitektur Organik.

Pusat Penelitian Konservasi Sumber Daya Alam adalah sebuah wadah/tempat para peneliti untuk melakukan penelitian tentang satwa maupun tumbuhan dengan tujuan meningkatkan wawasan ilmu pengetahuan. Dengan adanya bangunan pusat penelitian ini akan dapat meningkatkan pengetahuan sumber daya alam, juga sebagai sarana penunjang dalam pengembangan konservasi alam terutama pengelolaan lingkungan habitat dalam kawasan konservasi sumber daya alam hayati tersebut.

Keterkaitan antara tema perancangan dengan objek ini sangat jelas, dimana substansi organik merupakan faktor yang berpengaruh dalam terbentuknya sebuah tempat Penelitian Konservasi Sumber Daya Alam hayati, yang diharapkan dapat menjadi suatu bangunan yang menghargai alam dan lingkungan sekitar, agar terjadi keselarasan antara bangunan, manusia, satwa dan lingkungan yang ada didalam objek.

### b. Pemahaman Arsitektur Organik

Arsitektur Organik adalah sebuah filosofi arsitektur yang mengangkat keselarasan antara tempat tinggal dan alam melalui desain yang mendekatkan dengan harmonis antara lokasi bangunan, perabot, dan lingkungan menjadi bagian dari suatu komposisi yang di persatukan dan saling berhubungan (Wikipedia). Menurut Frank L. Wright, arsitektur tidak dapat dielakan dari organik. Makna dari suatu bangunan akan tereksprei secara jelas dan objektif. Arsitektur Organik memperlihatkan tidak hanya kualitas ruang dan bentuk, tetapi sebagai semangat dan faktor utama dalam konsep bangunan, manusia dan lingkungannya dalam suatu sosok yang nyata.

Arsitektur Organik terinspirasi dari ketidaklurusan organisme biologis. Bentuk-bentuk organisme tidak ada yang lurus di alam ini. Arsitektur Organik dapat terlihat puitis, radikal, istimewa dan peduli akan lingkungan. Oleh karena itu, Arsitektur Organik terlihat unik. Arsitektur Organik membutuhkan keselarasan antara tempat, manusia dan material. Dari segi bentuk, menekankan pada keindahan dan harmoni pada bentuk bebas yang mengalir dengan bentuk-bentuk ekspresif yang berpengaruh pada psikologi manusia (Pearson, 2015)

David Pearson dalam bukunya yang berjudul *New Organic Architecture* terdapat konsep-konsep dasar yang mengacu pada Arsitektur Organik, yang dikenal dengan *Gaia Charter for Organic Architecture and Design* yakni:

- *Be inspired by nature and be sustainable, healthy, conserving and diverse.*
- *Unfold, like an organism, from the seed within.*
- *Exist in the "continuous present" and "begin again and again".*
- *From Follow Flows and be flexible and adaptable.*
- *Satisfy social, physical and spiritual needs.*
- *"Grow out of the site" and be unique.*
- *Celebrate the spirit of youth, play and surprise.*
- *Express the rhythm of music and the power of dance.*

Arsitek-arsitek yang mendalami arsitektur organik memiliki cara tersendiri untuk menarik inspirasi dari prinsip-prinsip alam, seperti seperti Louis Sullivan, Frank L. Wright, Antoni Gaudi dan Rudolf Staehner. Seiring waktu arsitektur organik mulai berkembang dari bentuk-bentuk yang kaku menjadi lebih elegan dengan prinsip-prinsip yang baru dari bentuk alam yang alami. Dalam perkembangannya arsitektur organik mulai berkembang dari aturan klasik yang menginspirasi arsitek-arsitek terdahulu.

Prinsip-prinsip arsitektur baru diusulkan oleh Ruskin, Pugin dan Viollet-le-Duc. Mereka terinspirasi bentuk-bentuk alam dan proses alami, dan mengusulkan tradisi-tradisi bangunan abad pertengahan seperti hirarki fungsi dan bentuk, ekspresi structural, kejujuran material, keahlian dan ketrampilan, warna dan ornament (Pearson, 2009). Seiring waktu arsitektur organik dengan pemahaman konsepnya yang sangat luas tentang alam ini membuat beberapa arsitek mencoba mengeluarkan mengembangkan teori-teori dari organik itu sendiri seperti *Biomimicry*, *Biomorphic* dan *Biophilic*. Dalam penerapan konsep arsitektural Pusat Penelitian Konservasi Sumber Daya Alam di Cagar Alam Tangkoko menggunakan acuan pendekatan Arsitektur Biomimikri sebagai konsep perancangan.

c. Pemahaman Biomimikri

Istilah *biomimicry* muncul pada awal tahun 1982 dan dipopulerkan oleh ilmuwan dan penulis Janine Benyus. Biomimikri merupakan pemahaman tentang usaha untuk meniru alam baik secara fisik ataupun perilaku. Dalam lingkup arsitektural konsep Mimesis yang sudah lebih dulu berkembang memiliki kesamaan yaitu meniru bentuk, akan tetapi dalam peniruan bentuk Biomimikri hanya meniru bentukan organisme hidup. Berbeda dengan Mimesis yang dapat meniru semua bentukan organik maupun non-organik.

Terdapat 3 tingkatan Biomimikri dalam arsitektur :

- Tingkat Organisme  
Tingkat ini mengacu pada meniru organisme tertentu seperti tanaman atau hewan dan bisa melibatkan sebagian atau seluruh organisme.
- Tingkat Perilaku  
Tingkat ini mengacu pada meniru perilaku, dan mungkin termasuk bagaimana suatu organisme berperilaku, atau berhubungan dengan konteks yang lebih luas.
- Tingkat Ekosistem  
Tingkat ini meniru ekosistem keseluruhan dan prinsip-prinsip umum yang dapat saling berinteraksi dan menjadi suatu kesatuan.

Biomimikri tidak hanya sekedar meniru bentuk atau tampilan dari organisme semata, namun juga mempelajari prinsip-prinsip yang dapat diterapkan di dalam konsep arsitektural (Skripsi :Tezza Nur Ghina Rasikha 2009).

d. Studi Pendalaman Tematik

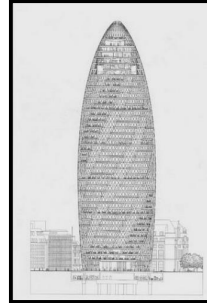
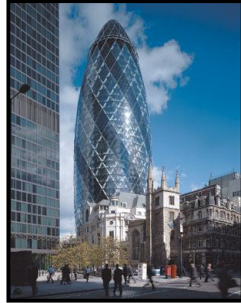
- Waterloo Channel Tunnel Terminal (N. Grimshaw) London

Merupakan rancangan stasiun kereta di London dari Nicholas Grimshaw. Bentuk perancangan yang merupakan ekspresi biomimikri dari peniruan bentuk struktur tringgiling.



- Swiss Re Headquartes (Norman Foster) London

Bangunan ini terletak di St. Mary-Axe, bangunan yang berbentuk seperti ketimun ini merefleksikan suatu permainan cahaya dan merupakan cerminan dari kota London yang baru. Awalnya dipahami dalam sebuah egg from ini berbentuk gumpalan berbanding banyak hal mirip organik lainnya seperti ketimun, kerucut pinus dan nanas, dimana tumbuhan-tumbuhan ini memperlihatkan pola pertumbuhan yang menarik.



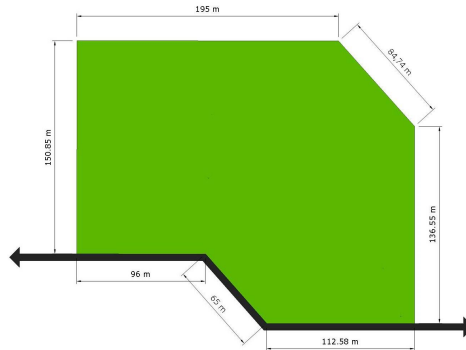
- Cassa Ballo

Cassa Batallo adalah sebuah bangunan terkenal yang terletak di pusat kota Barcelona. Bangunan ini di desain oleh seorang arsitek ternama yaitu Antoni Gaudi (Wikipedia, 2015). ). Konsep bangunan ini adalah bentuk menyerupai hewan, kurva anggur, inspirasi dari kekokohan tulang dan melapisinya dengan potongan keramik dan kaca.



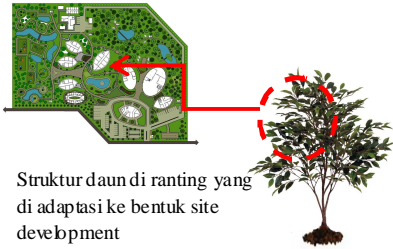



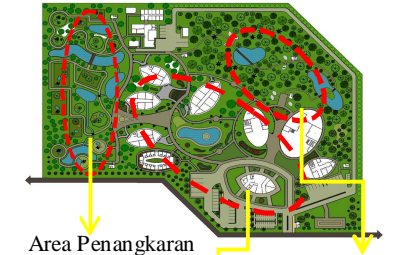
## V. KONSEP-KONSEP DAN HASIL PERANCANGAN

### a. Analisa Besaran Tapak



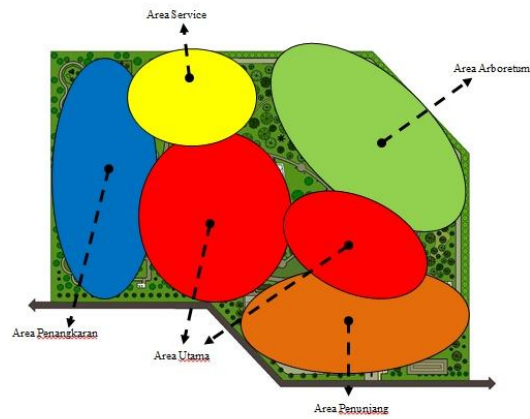
Total luas site adalah  $41.931 \text{ m}^2$   
Luas site efektif adalah  $41.223 \text{ m}^2$

### b. Konsep Aplikasi Tematik

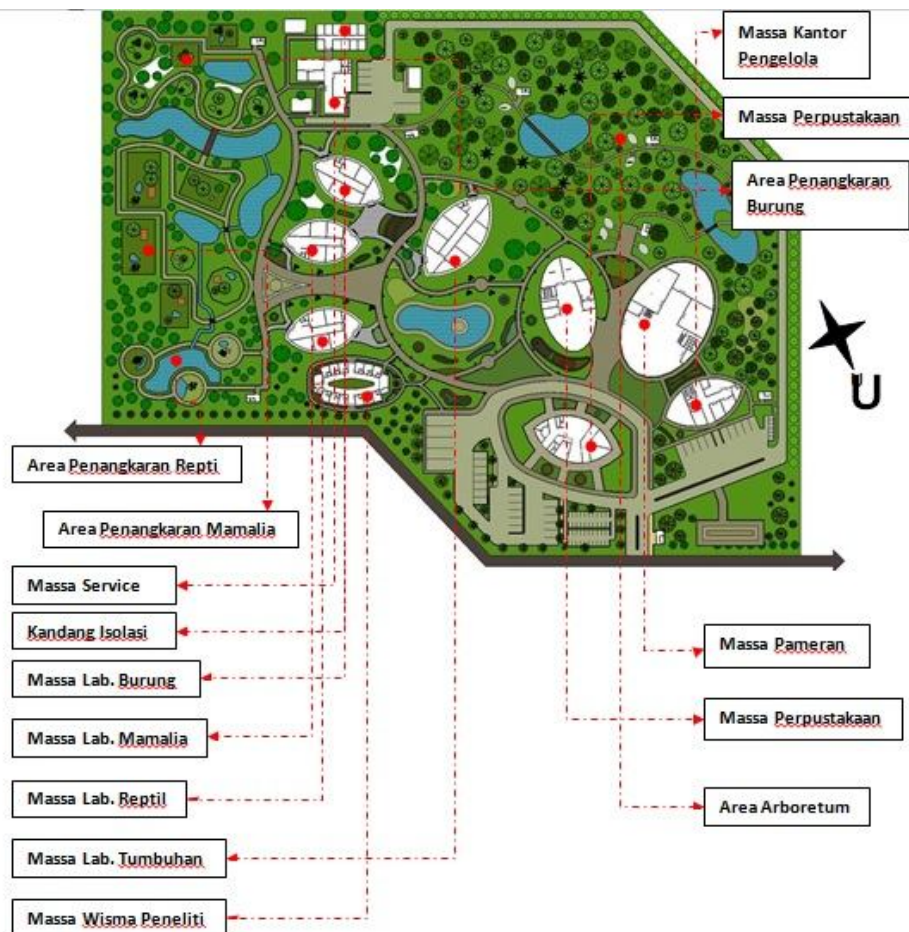
Konsep Tema Biomimikri	Komponen Arsitektural	Implementasi	Penerapan ke Rancangan
Tingkat Organisme	Site Development	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mengadaptasi struktur pertumbuhan tanaman beringin (<i>ficus</i>) yang merupakan tanaman yang banyak terdapat di Cagar Alam Tangkoko.</li> </ul>	 <p>Struktur daun di ranting yang di adaptasi ke bentuk site development</p>
	Gubahan Massa	<ul style="list-style-type: none"> <li>Peniruan pada konsep gubahan massa yang meniru bentuk daun beringin (<i>Ficus</i>).</li> </ul>	 <p>Peniruan bentuk daun beringin menjadi dasar gubahan massa bangunan</p>
	Fasade	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Menggunakan konsep hijau dari segi warna dan material yang menyatu dengan alam</li> </ul>	 <p>Penggunaan warna hijau agar dapat menyatu dengan alam sekitar yang asri.</p>
Tingkat Perilaku	Sirkulasi	<ul style="list-style-type: none"> <li>Konsep sirkulasi yang menyerupai ranting-ranting tanaman yang tidak beraturan, sehingga memberikan kesan bertumbuh ketika masuk kedalam tapak.</li> </ul>	 <p>Konsep sirkulasi yang menyerupai ranting-ranting tanaman yang tidak beraturan, sehingga memberikan kesan bertumbuh ketika masuk kedalam tapak.</p>
Tingkat Ekosistem	Site Development	<ul style="list-style-type: none"> <li>Konsep perletakan massa menyesuaikan dengan keadaan sekitar.</li> <li>Penyatuan massa dengan alam sekitar sehingga antara massa dengan alam menjadi satu kesatuan</li> <li>Perletakan massa mengikuti Pola daun di ranting pohon yang tidak beraturan.</li> </ul>	 <p>Area Penangkaran</p> <p>Area Arboretum</p>
	Ruang Luar	<ul style="list-style-type: none"> <li>b. Penerapan zona-zona penangkaran yang dipisahkan menjadi zona penangkaran satwa dibagi tiga bagian yaitu zona mamalia, zona reptile dan zona burung, serta zona arboretum atau zona pembudidayaan tanaman endemik.</li> </ul>	<p>Pola Perletakan massa mengadaptasi pola pertumbuhan daun, agar menciptakan suatu ekosistem buatan</p>



## Perencanaan Perletakan pada Site

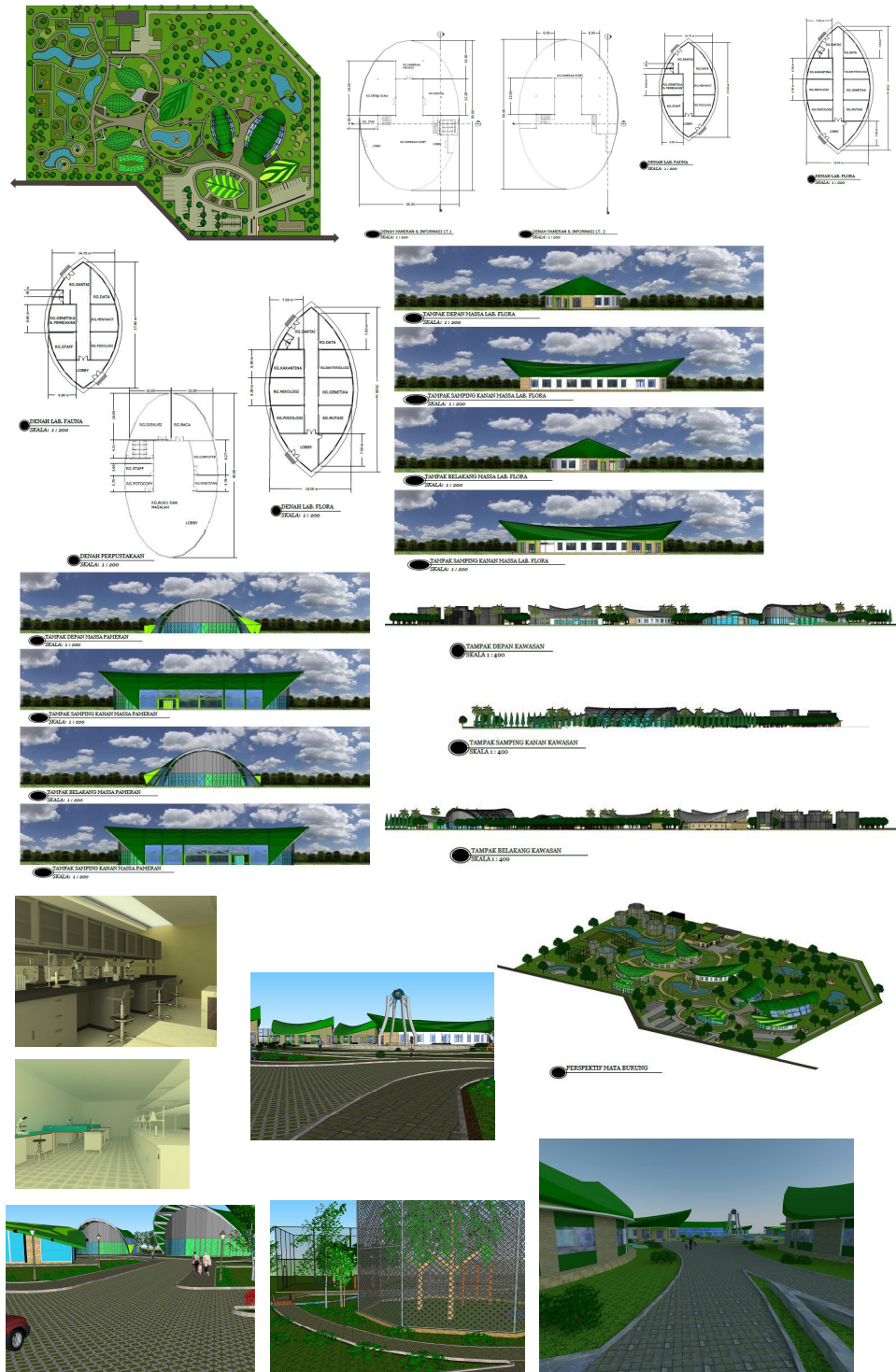


## Layout Plan





## HASIL PERANCANGAN



## VI. PENUTUP

### a. Kesimpulan

Perancangan objek menghasilkan tempat penelitian konservasi sumber daya alam yang berbatasan langsung dengan kawasan Cagar Alam Tangkoko sehingga mempermudah akses untuk meneliti dan mengambil data secara langsung. Diharapkan keberadaan objek ini dapat menarik lebih banyak peneliti dan pemerhati lingkungan maupun masyarakat umum untuk lebih mengenal dan mendalami pengetahuan tentang flora dan fauna yang ada di Sulawesi, khususnya yang berada di Cagar Alam Tangkoko yang semakin beragam populasinya.

*Pendekatan Arsitektur Organik* dengan konsep rancangan *Arsitektur Biomimikri* yang mengangkat keselarasan bangunan dengan alam melalui desain yang meniru organisme makhluk hidup, sehingga terjadi keharmonisan antara manusia bangunan dan lingkungan sekitar.

### b. Saran

#### • Pemerintahan

Sebagai pemerintah diharapkan lebih memperhatikan fasilitas-fasilitas yang dapat menunjang kegiatan penelitian yang ada di Sulawesi Utara, khususnya di Cagar Alam Tangkoko. Selain itu juga, lebih memperhatikan kelestarian hutan yang ada di Sulawesi Utara.

#### • Masyarakat

Masyarakat diharapkan berperan aktif dalam menjaga kelestarian ekosistem hutan yang ada di Sulawesi Utara, agar dapat dimanfaatkan dengan sebaik mungkin.

## VII. DAFTAR PUSTAKA

Anonymous, 1990. Undang-undang No. 5 Tahun 1990 Tentang *Konservasi Sumber Daya Alam dan Ekosistemnya*.

Benyus, M. Janine, 2008. *Biomimicry : Innovation Inspired by Nature*.

Chiara, Joseph de. Callender, John. 2001. *Time Saver Standards for Building Types*. McGra-Hill.

Frick, Heinz dan Suskiyatno Bambang. 2007. *Dasar-dasar Arsitektur Ekologis*. Kanisius. Yogyakarta.

Frick, Heinz. 1986. *Arsitektur dan Lingkungan*. Kanisius. Yogyakarta.

Gunadi, Sugeng, 1976. Diktat Kuliah Arsitektur Landscape. Institut Teknologi November. Surabaya.

Lee, J. Robert, Riley Jonathan dan Suyatno Nono. 1999. *Cagar Alam Tangkoko-duasudara. Surver Biologi dan Rekomendasi Pengelolaan*. WCS Tangkoko-Duasudara Technical Report.

Littlefield, David. 2008. *Metric Handbook Planning and Design Data: Third Edition*. Elsevier. Jordan Hill UK.

Neufert, Ernst. 1993. *Data Arsitektur Jilid Satu Edisi Kedua*. Erlangga. Jakarta.

Rattenbury, John. 2000. *A Living Architecture Frank Lloyd Wright and Taliesin Architects*, Warwick Publishing Inc. Toronto

Pearson, David, 2002. *New Organic Architecture: The Breaking Wave*. Gaia Books Limited. London

Poerwadarminta, J.S. Wilfridus 1976. *Kamus Besar Bahasa Indonesia*. PN Balai Pustaka. Jakarta.

Rasikha, T.N. Ghina, 2009. *Arsitektur Organik Kontemporer*. Fakultas Teknik, Departemen Arsitektur. Depok.

Sumarno, Saroyo. 2012. *Biologi Konservasi*. CV. Patra Media Grafindo. Bandung.

Wuisang, E.V. Cynthia, 1997. Laporan Perancangan Arsitektur *Pusat Riset Dan Observasi Flora Fauna Endemik Sulawesi Utara*. Fakultas Teknik, Universitas Sam Ratulangi, Manado.

- Fiumara, Luigi. 1991. *Organic Architektur. International Forum Man and Architecture* (IFMA).  
[www.organic-architecture.org](http://www.organic-architecture.org) akses 5 mei 2015
- Wikipedia, 2015. *Organic Architecture*.  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Organic\\_architecture](https://en.wikipedia.org/wiki/Organic_architecture) diakses  
5 mei 2015
- Ganguly, Mondira. 2008. *What is Organic in Architecture*.  
[http://www.fec.unicamp.br/arqs/200905250015955-T2-ART\\_Calatrava.pdf](http://www.fec.unicamp.br/arqs/200905250015955-T2-ART_Calatrava.pdf) akses  
5 mei 2015